

**PRIORITY  
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



DE 03 / 02813

REC'D 07 OCT 2003

WIPO

PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

BEST AVAILABLE COPY

**Aktenzeichen:**

102 42 690.2

**Anmeldetag:**

13. September 2002

**Anmelder/Inhaber:**

Conti Temic microelectronic GmbH, Nürnberg/DE

**Bezeichnung:**

Photodetektor-Anordnung

**IPC:**

G 01 J, H 04 N

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 18. September 2003  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident

im Auftrag

Wallner

## Beschreibung

## Photodetektor-Anordnung

5

Die Erfindung betrifft eine Photodetektor-Anordnung zur Kompensation von Gleichanteilen bei Differenzsignal auswertenden Verfahren.

10 In der optischen Messtechnik werden Szenen häufig aktiv beleuchtet. Die Informationen zur Erzeugung des Szenenbildes werden im Allgemeinen in einem Element zur Bildaufnahme, dem Bildaufnehmer, generiert. Die Art und Form der vom Bildaufnehmer erzeugten Signale ist dabei stark abhängig vom ange-

15 wandten Messprinzip sowie dessen Realisierungsformen.

Bei bildgebenden Verfahren, die die Differenz von zwei oder mehreren Signalen verwerten, kommt es in Abhängigkeit des jeweiligen Mess- bzw. Funktionsprinzips bei der Erzeugung der

20 Signale zu nicht nutzbaren Gleichanteilen, die den zur Verfügung stehenden Dynamikbereich einschränken. Darüber hinaus addiert sich zu der aktiven Beleuchtung (z.B. Infrarotlicht, modulierte oder nicht modulierte Licht) ein Gleichanteil durch vorhandenes Störlicht (Hintergrundlicht der Sonne, andere Lichtquellen wie Scheinwerfer, Leuchtröhren etc.). Die Intensität der aktiven Beleuchtung kann hierbei unter der Intensität des Störlichts liegen. In diesen Fällen wird das Detektorsignal vom Störlicht dominiert und das gewünschte Nutzsignal aus der aktiven Beleuchtung nimmt nur einen geringen

30 Bruchteil des Gesamtsignals ein.

Insbesondere differenzauswertende Verfahren, bei denen Photodetektoren für Entfernungsmessungen nach dem Phasenkorrelationsverfahren eingesetzt werden, sind durch die Gleichanteile

35 der in die Differenzbildung eingehenden Signale in ihrer Leistungsfähigkeit begrenzt. Beispiele aus der Fahrzeugtechnik hierfür sind 3D-Entfernungsbildkameras mit Photomischde-

tektoren (Photonic Mixer Devices PMD).

Um die Leistungsfähigkeit solcher Systeme steigern zu können, müssen Möglichkeiten gefunden werden, mit denen die Gleichanteile der aufgenommenen Signale unterdrückt bzw. minimiert werden können. Ziel dabei ist es, einen möglichst großen Teil des Dynamikbereichs des Detektors für die Erfassung des differenzbildenden Anteils des Nutzsignals zu nutzen.

10 Diese Problemstellung kann zwar im Allgemeinen durch Verwendung von Photodetektoren mit extrem großem Dynamikbereich etwas entschärft werden, doch bleibt bei solchen Detektoren die Frage nach einem hinreichend guten Signal/Rauschverhältnis dennoch bestehen. Auch bei Sensoren mit großem Dynamikbereich sind die durch die Gleichanteile hervorgerufenen Einschränkungen des Dynamikbereichs bei differenzsignalauswertenden Verfahren erheblich.

20 Derzeit sind in der Literatur verschiedene Konzepte für hochdynamische Photodetektoren beschrieben: Die dort beschriebenen Konzepte verwenden Bauelemente mit logarithmischer Kennlinie für die Signalkompression (Höfflinger et al., Institut für Mikroelektronische Systeme, IMS-Chips, Stuttgart) oder steuern die Integrationszeit angepasst an die am Detektor auftretende Beleuchtungsintensität (M. Böhm et al., "High Dynamic Range Image Sensors in Thin Film on ASIC Technology for Automotive Applications", Advanced Microsystems for Automotive Applications, Springer-Verlag, Berlin, pp. 157-172, 1998). Detailliertere Informationen sind unter den Internet-Adressen von IMS-Chips ([www.ims-chips.de](http://www.ims-chips.de)) und Silicon Vision zu finden ([www.siliconvision.de](http://www.siliconvision.de)).

Eine Trennung von Photosignalen, die durch ein Zusammenwirken von aktiver Beleuchtung und Störlicht entstanden sind, kann mit Anordnungen und Verfahren gemäß dem Stand der Technik nur über zeitlich aufeinanderfolgende Messungen erreicht werden.

Dabei wird in einer ersten Messung das Photosignal durch die Summenwirkung von Störlicht und aktiver Beleuchtung ermittelt. In einer nachfolgenden zweiten Messung wird das Photosignal des Störlichts bei abgeschalteter aktiver Beleuchtung ermittelt. Die Reihenfolge der Messungen kann auch vertauscht werden. Das Nutzsignal kann anschließend durch Subtraktion des Störlichtsignals vom Gesamtsignal bestimmt werden.

Derzeit existieren keine Konzepte, die bei Differenzsignal auswertenden Verfahren eine Unterdrückung bzw. Kompensation des vom Störlicht hervorgerufenen Gleichanteils sowie darüber hinaus eine Unterdrückung bzw. Kompensation der durch das Messprinzip bedingten Gleichanteile des Photosignals innerhalb nur einer Messung direkt im photosensitiven Bauelement ermöglichen. Die

Ausgehend davon liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, bei Differenzsignal auswertenden Verfahren eine Unterdrückung bzw. Kompensation des vom Störlicht hervorgerufenen Gleichanteils sowie darüber hinaus eine Unterdrückung bzw. Kompensation der durch das Messprinzip bedingten Gleichanteile des Photosignals innerhalb nur einer Messung direkt im photosensitiven Bauelement zu ermöglichen.

Erfindungsgemäß wird zur Lösung dieser Aufgabe ein Verfahren und eine Photodetektor-Anordnung bereitgestellt, mit deren Hilfe eine Unterdrückung bzw. Kompensation von Gleichanteilen bei Differenzsignal auswertenden Verfahren unmittelbar im Photodetektor bei nur einem Messvorgang ermöglicht wird. Das Verfahren lässt sich in Form von integrierten Bauelementen im Halbleiterdetektor umsetzen. Somit werden Photodetektoren als sogenannte "Active Pixel Sensors" (APS) möglich, deren Dynamikbereich weitestgehend für die Detektion des „differenzbildenden Anteils“ einer aktiven Szenenbeleuchtung genutzt werden kann.

Die wesentlichen Merkmale der Erfindung bestehen vor allem in der signal- und gleichanteilabhängigen Reduzierung der zu integrierenden Photodetektorsignale bei differenzsignalauswertenden Verfahren ohne die Notwendigkeit, Mehrfachmessungen durchführen zu müssen.

Weitere wesentliche Merkmale sind die Extrahierung des zur Differenzbildung nutzbaren Signalanteils vom Störsignal und vor allem die Erweiterung des Dynamikbereichs von Photodetektoren bei der Detektion von Signalen mit hohem Stör- bzw. Hintergrundpegel und geringem Nutzsignalanteil.

Das Verfahren kann mit Hilfe von integrierten elektronischen Bauelementen unmittelbar in Photodetektoren umgesetzt werden, so dass Photodetektoren mit der beschriebenen Eigenschaft als Active Pixel Sensors (APS) ausgebildet werden können und sich in einfacher Weise z.B. in CMOS-Technologie realisieren lassen.

Insbesondere ist die Anwendung bei Photonic Mixer Devices PMD vorteilhaft.

Wesentlich ist auch, dass das Verfahren nicht auf Photodetektoren beschränkt ist, sondern prinzipiell auf alle Signale angewandt werden kann, die aus Stör- und Nutzsignal zusammengesetzt sind.

Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen des Erfindungsgedankens sind der weiteren Beschreibung unter Bezugnahme auf die Zeichnung entnehmbar.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand der in den Figuren der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigt dabei:

Figur 1 eine verallgemeinerte, schematische Darstellung des erfindungsgemäßen Gleichanteilkompensationsverfahrens dargestellt;

5 Figur 1 eine allgemeine schematische Darstellung der Gleichanteilkompensationsschaltung mit geringem Realisierungsaufwand,

10 Figur 3 hierfür eine allgemeine schematische Darstellung der Gleichanteilkompensationsschaltung zur Gewährleistung des maximalen Kompensationsgrades;

15 Figur 4 eine schematische Darstellung der Photodetektoranordnung zur Gleichanteilkompensation, der sich durch einen geringen Realisierungsaufwand auszeichnet;

20 Figur 5 das Zeitschema zur Ansteuerung der Photodetektoranordnung zur Gleichanteilkompensation, der sich durch einen geringen Realisierungsaufwand auszeichnet;

Figur 6 eine Photodetektor-Anordnung, mit der sich der maximale Gleichanteil-Kompensationsgrad  $G_{\text{Komp}} = 100\%$  erreichen lässt;

30 Figur 7 das Zeitschema zur Ansteuerung der Photodetektoranordnung zur Gleichanteilkompensation mit Gewährleistung des maximalen Kompensationsgrades.

Gleiche beziehungsweise funktionsgleiche Elemente sind in allen Figuren - sofern nichts anderes angegeben ist - mit gleichen Bezugszeichen versehen worden.

35 Bevor genauer auf die oben genannten Photodetektor-Anordnungen eingegangen wird, erfolgt eine einleitende Erläuterung der grundlegenden Voraussetzungen und Eigenschaften

des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Die in den folgenden Ausführungen dargestellten Verfahren zur Gleichanteilkompensation dienen der Verbesserung von Anwendungen, bei denen die Differenz von mindestens zwei in ihrer Größe begrenzten, Gleichanteil behafteten Größen gebildet wird. Die in die Differenzbildung eingehenden Signale werden zu diesem Zweck reduziert, ohne dass die Differenz davon beeinflusst wird. Zur Vereinfachung wird hier und im Folgenden der Fall von zwei Signalen (siehe Figur 1) angenommen.

In Figur 1 ist eine verallgemeinerte, schematische Darstellung des erfindungsgemäßen Gleichanteilkompensationsverfahrens dargestellt. Voraussetzendes Funktionsmerkmal ist hierbei die Differenzbildung zweier mit einem identischen Gleichanteil  $S_{GL}$  behafteter Signale  $S_1$  und  $S_2$ . Dabei gilt:

$$S_1 = S_{1A} + S_{GL} \text{ und } S_2 = S_{2A} + S_{GL} \quad (1)$$

sowie

$$0 \leq k \leq 1 \quad (2)$$

$S_{1A}$  und  $S_{2A}$  beschreiben dabei die ausschließlich zur Differenzbildung beitragenden Anteile des Nutzsignals. Der Verstärkungsfaktor  $k$  kann hierbei optional fest oder einstellbar sein. In der Regel gilt: Je nach Realisierungsform der Kompensationsschaltung kann es sich bei dem Signal  $S_x$  um  $S_1$  oder  $S_2$ , bzw. um das kleinere oder größere beider Signale  $S_{MIN}$  oder  $S_{MAX}$  handeln.

Der Gleichanteil  $S_{GL}$  kann hierbei wie folgt geartet sein:

- I. unbekannt, ausschließlich durch Störgrößen hervorgerufen;
- II. verfahrens- und technologiebedingt in fester Relation zu den Signalen;  $S_1$  und  $S_2$  stehend;

III. unbekannt, als Summe aus Anteilen aus I. und II.

Die Größe der direkt in die Differenzbildung eingehenden Signale wird durch einen systemspezifischen Dynamikbereich, beispielsweise vorgegeben durch die Auslegung von Speicherkapazitäten und/oder Schaltungen zur Signalverstärkung bzw. -verarbeitung, begrenzt. Zur Erhöhung des nutzbaren Anteils dieses Dynamikbereichs reduziert die dargestellte Kompensationsschaltung die Eingangssignale  $S_1$  und  $S_2$  direkt vor der Differenzbildung um den einem der beiden Eingangssignale  $S_1$  und  $S_2$  proportionalen Term  $k \cdot S_x$ . Auf den genauen Zusammenhang zwischen dem Gleichanteil  $S_{GL}$  der Signale  $S_1$  bzw.  $S_2$  und dem Term  $k \cdot S_x$ , der je nach Ausführung der Kompensationsschaltung unterschiedlich geartet sein kann, wird noch eingegangen, in der Regel gilt jedoch:

$$S_{GL} \leq k \cdot S_x \quad (3)$$

Nachfolgend sind beispielhaft zwei detailliertere Realisierungsmöglichkeiten, die sich hinsichtlich ihres Kompensationsgrades sowie ihrer Komplexität unterscheiden, aufgeführt. Vorerst wird hierbei zur Vereinfachung weiterhin die allgemeingültige Form beibehalten und auf den anwendungsspezifischen Zusammenhang zur Photodetektor-Anordnung verzichtet.

Für den Fall, dass der Gleichanteil  $S_{GL}$  mindestens einen Anteil besitzt, der in fester Relation zu den Signalen  $S_1$  und  $S_2$  steht (siehe weiter oben II. bzw. III.), stellt die in Figur 2 schematisch aufgeführte Anordnung eine sehr einfach zu realisierende Möglichkeit zur Gleichanteilkompensation dar. Figur 2 zeigt eine allgemeine schematische Darstellung der Gleichanteilkompensationsschaltung mit geringem Realisierungsaufwand. Der feste bzw. optional einstellbare Verstärkungsfaktor  $k$  gibt den minimalen relativen Gleichanteil der Signale  $S_1$  und  $S_2$  an. Hierbei kann der signalreduzierende Term  $k \cdot S$  beliebig als Funktion der Signale  $S_1$  und  $S_2$  ausgelegt sein, der Bezug zu  $S_1$  in Figur 2 ist daher rein zufäl-



lig.

Im Allgemeinen handelt es sich bei  $S_1$  und  $S_2$  um unbekannte, sich verändernde Signale. Der Grad der durch den reduzierenden Term  $k \cdot S_x$  entstehenden Gleichanteilkompensation  $G_{Komp}$  der in Figur 2 dargestellten Anordnung ist aus diesem Grund variabel. Er ist maximal bei  $S_1 > S_2$  und minimal bei  $S_1 < S_2$ . Im Allgemeinen gilt:

$$G_{Komp} = \frac{k \cdot S_x}{S_{Min}} \quad \text{mit } S_{Min} = MIN(S_1, S_2) \quad (4)$$

Zur Gewährleistung des maximalen Kompensationsgrades  $G_{Komp\_Max}$  ist eine zusätzliche Schaltungskomponente zur Detektion des maximalen bzw. minimalen Eingangssignals  $S_1$  oder  $S_2$  notwendig.

Figur 3 zeigt hierfür eine allgemeine schematische Darstellung der Gleichanteilkompensationsschaltung zur Gewährleistung des maximalen Kompensationsgrades.

Die maximale Gleichanteilkompensation wird in den Fällen erreicht, wenn gilt:

$$k \cdot S_x = S_{Min} = k \cdot S_{Max} \quad (5)$$

Der Term  $k \cdot S_x$  nimmt hierbei entweder direkt den Wert  $S_{Min}$  an ( $k = 1$ ), oder indirekt über einem proportionalen Zusammenhang zu  $S_{Max}$ .

Besonders vorteilhaft ist die Anwendung der beschriebenen Gleichanteilkompensation in einer Photodetektor-Anordnung eines speziellen Zweikanal-System mit sogenannten Photomischdetektoren (Photonic Mixer Devices "PMD"). Photonic Mixer Devices werden als Bauelemente zur Mischung von elektrischen und optischen Signalen eingesetzt. Sie bestehen aus mindestens zwei paarweise angeordneten Photodetektoren, auf die sich La-

Träger, die von einer aktiven Szenenbeleuchtung im Halbleiter generiert werden, bei der Mischung mit einem elektrischen Signal nach einem bestimmten Schema verteilen.

In der Regel werden Photonic Mixer Devices eingesetzt, um 3D-Bildinformationen zu erzeugen. Da hierzu ausschließlich die Differenzen der in den paarweise angeordneten Photodetektoren generierten Signale ausgewertet werden, ist die notwendige Bedingung zur Anwendung der erfindungsgemäßen Photodetektor-Anordnung gegeben.

10

Der wesentliche Aspekt, der für eine Anwendung spricht, ist die Tatsache, dass die generierten Signale neben den potentiellen, unbekannten Gleichanteilen, die durch Störlicht hervorgerufen werden, immer einen bekannten prinzipbedingten Gleichanteil enthalten. Dieser Gleichanteil wird durch den gemittelten, maximalen Modulationskontrast  $MK_{Max}$  vorgegeben:

15

$$\overline{MK}_{Max} = \frac{|(\Delta S)_{Max}|}{\sum S |(\Delta S)_{Max}|} \quad (6)$$

20

Er kann u.a. durch die Variation von herstellungs- und layoutspezifischen Parametern, wie beispielsweise Halbleitermaterial und Bauteilgeometrien, vor der Prozessierung beeinflusst werden, ist aber nach der Fertigung experimentell zu bestimmen und kann dann als konstant betrachtet werden. Der Zusammenhang zwischen dem maximalen, gemittelten Modulationskontrast und dem minimalen, relativen Gleichanteil der Signale  $S_1$  und  $S_2$  ist gegeben durch:

25

$$\frac{S_{GLMin}}{MAX(S_1, S_2)} = \frac{1 - \overline{MK}_{Max}}{1 + \overline{MK}_{Max}} \quad (7)$$

30

Hierdurch lässt sich der Zusammenhang zur weiter oben aufgeführten Proportionalitätskonstante  $k$  der Anordnung in Figur 2 formulieren.

$$k_{Max} = \frac{1 - \overline{MK}_{Max}}{1 + \overline{MK}_{Max}} \quad (8)$$

Zur Realisierung der in Figur 2 beschriebenen Anordnung bei PMD-Photodetektoren wird eine Beschaltung gemäß Figur 4 vorgenommen. Figur 4 zeigt eine schematische Darstellung der Photodetektoranordnung zur Gleichanteilkompensation, der sich durch einen geringen Realisierungsaufwand auszeichnet. Sämtliche Elemente der Beschaltung können unmittelbar am Photodetektor auf dem Halbleiter angeordnet sein. Das Photoelement stellt somit eine weitere Ausführungsform eines sogenannten Active Pixel Sensors (APS) dar.

Die im Folgenden aufgeführte Erläuterung der Funktionsweise wird durch das in Figur 5 dargestellte Zeitschema ergänzt. Figur 5 zeigt das Zeitschema zur Ansteuerung der Photodetektoranordnung zur Gleichanteilkompensation (geringer Realisierungsaufwand). Zur Verdeutlichung der Wirkungsweise enthält dieses sowohl die Darstellungen der Ausgangssignalverläufe ohne als auch mit Gleichanteilkompensationsschaltung.

Die Signalquelle  $V_{Mod}$  stellt das elektrische Signal dar, das in einem PMD (Photomischdetektor) mit dem von den beiden Photodetektoren aufgenommenen optischen Signal gemischt wird. Das Ergebnis der Mischung wird über die beiden Signalpfade  $I_{Ph_A}$  und  $I_{Ph_B}$  zeitgleich bereitgestellt. Grundsätzlich sind sämtliche Signalformen für das Verfahren geeignet (z.B. Rechteck, Sinus, Dreieck, Pseudo Noise, Pulsgruppen etc.). Zu beachten ist, dass durch die integrierende Eigenschaft des beschriebenen Verfahrens die zeitlichen Mittelwerte der jeweiligen Signalform gebildet werden.

Die Initialisierung versetzt die gesamte Anordnung mittels des Reset-Impulses in den Ausgangszustand. Zum einen werden hierbei die beiden Integrationskapazitäten  $C_{Sig_A}$  und  $C_{Sig_B}$  mit Hilfe der dafür vorgesehenen Reset-Schaltungen auf einen definierten Spannungspegel gebracht, zum anderen erfolgt die

Initialisierung der beiden Photoelemente über die im Photo-Detektor angeordneten Detektorschaltungen.

Zum Zeitpunkt  $T_{s1}$  setzt mit dem gleichzeitigen Schließen des Schalters  $S_1$  die aktive Szenenbeleuchtung  $\Delta E_{MOD}$  ein. Die zwei paarweise angeordneten Photodetektoren des PMD liefern die Photoströme  $I_{Ph\_A}$  und  $I_{Ph\_B}$ . Der Gesamtphotostrom wird dabei im Allgemeinen durch die aktive Szenenbeleuchtung  $\Delta E_{MOD}$  und durch das Störlicht  $E_{DC}$  der Szene hervorgerufen.

Die Signalintegration an den Kapazitäten  $C_{sig\_A}$  und  $C_{sig\_B}$  erfolgt ohne Kompensationsschaltung gemäß den Signalverläufen  $V'_{sig\_A}$  und  $V'_{sig\_B}$  und mit Kompensationsschaltung gemäß den Signalverläufen  $V_{sig\_A}$  und  $V_{sig\_B}$  bis zum Zeitpunkt  $T_{s2}$ , an dem der Schalter  $S_1$  geöffnet und Schalter  $S_2$  geschlossen wird. Hierbei sei vorausgesetzt, dass sich die Integrationskapazitäten zu keinem Zeitpunkt im Bereich der Sättigung befinden und somit von einer annähernd linearen Integration ausgegangen werden kann. Bis zum erneuten Reset-Impuls werden die Signale an den Integrationskapazitäten gehalten. Über Schalter  $S_2$  liegt das über entsprechende Verstärker und einem Subtrahierer gebildete Differenzsignal  $\Delta C_{sig}$  an einer Ausleitung an.

Der Vergleich der Signale  $V'_{sig\_A}$  und  $V'_{sig\_B}$  (ohne Kompensationsschaltung) mit den Signalen  $V_{sig\_A}$  und  $V_{sig\_B}$  (mit Kompensationsschaltung) zeigt, dass die Gleichanteilkompensation die Spannungspegel an den Integrationskapazitäten  $C_{sig\_A}$  und  $C_{sig\_B}$ , die zur Differenzbildung verwertet werden, reduziert werden, ohne dass das Differenzsignal  $\Delta V_{C\_sig}$  ( $=\Delta V'_{C\_sig}$ ) davon beeinflusst wird. Die Reduzierung der Spannungspegel  $V_{C\_sig\_A}$  und  $V_{C\_sig\_B}$  eröffnet die Möglichkeit, zusätzliche optisch generierte Ladungsträger auf die Kapazitäten  $C_{sig\_A}$  und  $C_{sig\_B}$  aufintegrieren zu können. Hierdurch wird ein zusätzlich nutzbarer Teil des vorhandenen Dynamikbereichs geschaffen, was einer Erhöhung des Dynamikbereichs gleichkommt. Der Absolutwert

dieser Erhöhung  $\Delta V_{\text{profit}}$  ergibt sich gemäß Figur 5 aus der Differenz der Signale  $V'_{C\_Sig\_Max}$  und  $V_{C\_Sig\_Max}$ .

$$\Delta V_{\text{profit}} = V'_{C\_Sig\_Max} - V_{C\_Sig\_Max} \quad (9)$$

- 5 Die Schlüsselfunktion der Kompensationsschaltung ist die Reduzierung des Gleichanteils der Photoströme bevor diese auf die Kapazitäten  $C_{\text{Sig\_A}}$  und  $C_{\text{Sig\_B}}$  integriert werden. In der in Figur 4 aufgeführten Anordnung ist diese Funktionalität in sehr einfacher Form durch einen Stromspiegel realisiert. Auf
- 10 Basis des Photostroms  $I_{\text{Ph\_A}}$  (für  $I_{\text{Ph\_B}}$  gilt Analoges) erzeugt eine Stromspiegelschaltung die Ströme  $-k \cdot I_{\text{Ph\_A}}$  bzw.  $I_{\text{Ph\_A}}$ . Mit diesen lassen sich die Differenzen  $I_{\text{Ph\_A}} - k \cdot I_{\text{Ph\_A}}$  bzw.  $I_{\text{Ph\_B}} - k \cdot I_{\text{Ph\_A}}$  auf sehr einfache Weise durch die Zusammenführung der entsprechenden Leitungen bilden. Der Verstärkungsfaktor  $k$
- 15 lässt sich beispielsweise über das Weiten/Längenverhältnis (W/L) der CMOS-Transistoren der eingesetzten Stromspiegel oder entsprechende Bias-Ströme einstellen.

- 20 Der Vorteil dieses Verfahrens ist der geringe Realisierungsaufwand, Verbesserungspotential liegt hingegen im schon weiter oben erwähnten nicht konstanten Kompensationsgrad.

- Figur 6 zeigt eine Photodetektor-Anordnung, mit der sich, unabhängig vom Vorzeichen der Differenz  $\Delta I_{\text{Ph}} = I_{\text{Ph\_A}} - I_{\text{Ph\_B}}$ , immer der maximale Gleichanteil-Kompensationsgrad  $G_{\text{Komp}} = 100\%$  erreichen lässt.

- Im Vergleich zu der in Figur 4 gezeigten Anordnung ist hier eine zusätzliche Minimum-Detektion mit zwei gekoppelten Wechselschaltern integriert. Die Auslegung der Stromspiegelschaltung ist hingegen weniger komplex.
- 30

- Der kleinere der beiden Photoströme  $I_{\text{Ph\_A}}$  und  $I_{\text{Ph\_B}}$  stellt den bezüglich der Differenzbildung irrelevanten, maximalen
- 35 Gleichanteil dar. Aus diesem Grund ist es notwendig, direkt nach der Reset-Phase, in der die Integrationskapazitäten so-

wie die Photoelemente initialisiert werden, den minimalen Photostrom zu detektieren. Das in Figur 7 dargestellte Zeitschema verbildlicht die Signalverläufe für den Fall  $I_{Ph_A} < I_{Ph_B}$ . Figur 7 zeigt das Zeitschema zur Ansteuerung der Photodetektoranordnung zur Gleichanteilkompensation mit Gewährleistung des maximalen Kompensationsgrades.

Zum Zeitpunkt  $T_{S1}$  schaltet in diesem Fall bei Beginn der aktiven Szenenbeleuchtung der Schalter  $S_1$  in den Zustand „1“ und  $S_2$  wird geschlossen. Der vom Minimumdetektor erkannte Strom  $I_{Ph\_MIN}$  (hier  $I_{Ph_A}$ ) erfährt durch die Stromspiegelanordnung eine Vorzeichenumkehr und wird mit dem Strom  $I_{Ph\_MAX}$  (hier  $I_{Ph_B}$ ) zur Differenzbildung zusammengeführt. Zur Erhaltung des korrekten Vorzeichens bei der nachgeschalteten Differenzbildung erfolgt die Integration über die Schalter  $S_1$  und  $S_2$  auf die Kapazität  $C_{Sig\_2}$ . Das Potenzial an  $C_{Sig\_1}$  wird unverändert gehalten. Zum Zeitpunkt  $T_{S3}$  wird die Integration beendet und das Differenzsignal  $\Delta C_{Sig}$  bis zum erneuten Reset-Impuls über Schalter  $S_3$  auf die Ausleseleitung geführt.

Der Vergleich der Signale  $V'_{sig\_1}$  und  $V'_{sig\_2}$  (ohne Kompensationsschaltung) mit den Signalen  $V_{sig\_1}$  und  $V_{sig\_2}$  (mit Kompensationsschaltung) zeigt, in welchem Maße die Spannungspegel an den Kapazitäten  $C_{Sig\_1}$  und  $C_{Sig\_2}$  durch die Kompensationsanordnung reduziert werden, ohne dass dabei das Ausgangsdifferenzsignal beeinflusst wird. Die Potenzialdifferenz  $\Delta V_{profit}$  stellt den Kompensationsanteil, also den zusätzlich nutzbaren Teil des Dynamikbereichs dar.

Es sei an dieser Stelle erwähnt, dass die in Figur 6 dargestellte Photodetektor-Anordnung alternativ auch mit einem Maximumdetektor ausgestattet werden kann. In diesem Fall würde eine Stromspiegelanordnung gemäß Figur 4 eingesetzt werden. Eine solche Anordnung würde im Vergleich zur in Figur 6 aufgeführten Anordnung nicht den kompletten Gleichanteil der Photoströme  $I_{Ph_A}$  und  $I_{Ph_B}$  kompensieren, im Vergleich zur Kompensationsschaltung der Figur 4 würde sich jedoch eine Per-

formancesteigerung aufgrund des konstanten Kompensationsgrades ergeben.

5 In PMDs wird durch die Erfindung ein bedeutend höherer Dynamikbereich möglich, der eine erhebliche Steigerung der Leistungsfähigkeit solcher Bauelemente in technischen Anwendungen zur Folge hat.

10 Das Verfahren kann sowohl für einen einzelnen Photodetektor als auch für eine Zeilen- oder Arrayanordnung von Detektoren eingesetzt werden.

15 Die vorgeschlagenen Photodetektor-Anordnungen können in einer Zeilenanordnung als Bildaufnehmer in Zeilenkameras Anwendung finden. Weiterhin sind Zeilenanordnungen als optische Mehrkanalsysteme zur Trennung unterschiedlicher Modulationskanäle möglich. Die Ansteuerung und Signalauslese der einzelnen Pixel solcher Zeilenanordnungen erfolgt üblicherweise mit Multiplexerbausteinen.

20 Entsprechendes gilt für eine zweidimensionale Matrix-Anordnung, wie sie in Flächensensoren für Videokameras verwendet wird. Multiplexerbausteine werden dabei zur Ansteuerung und Auslese der Detektorelemente jeweils für die Zeilen und die Spalten der Matrix-Anordnung eingesetzt.

Zusammenfassend seien die Vorteile der erfindungsgemäßen Anordnung bzw. des erfindungsgemäßen Verfahrens noch einmal stichpunktartig zusammengefasst:

30

- Reduzierung bzw. Unterdrückung des in die Differenzbildung eingehende Photodetektorsignals von Störlicht, ohne die sich ergebende Differenz zu beeinflussen;

35

- Trennung von Photodetektorsignalen in zur Differenzbildung nutzbaren und störenden Lichtanteil

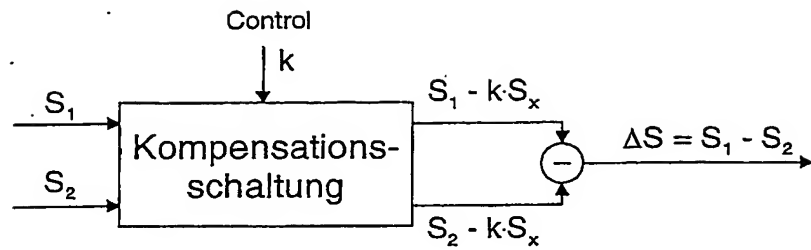
Erhöhung des nutzbaren Dynamikbereichs der Photodetektoren;

- Realisierung der Detektorelemente als Active Pixel Sensors APS im Halbleiter;
- 5 - Echtzeitfähigkeit der Signalaufnahme (schnelles, analoges Verfahren);
- Keine A/D-Wandlung mit nachfolgender Wertspeicherung und Subtraktion erforderlich.
- 10 Anwendbarkeit für Einzeldetektoren sowie für Zeilen- und Arrayanordnungen;
- Vorteilhaft insbesondere bei PMD's;
- Hohe Frame-Rate und kurze Messzeiten in bildaufnehmenden Systemen;
- Verfahren ist nicht auf Photodetektoren beschränkt,
- 15 sondern allgemein anwendbar.

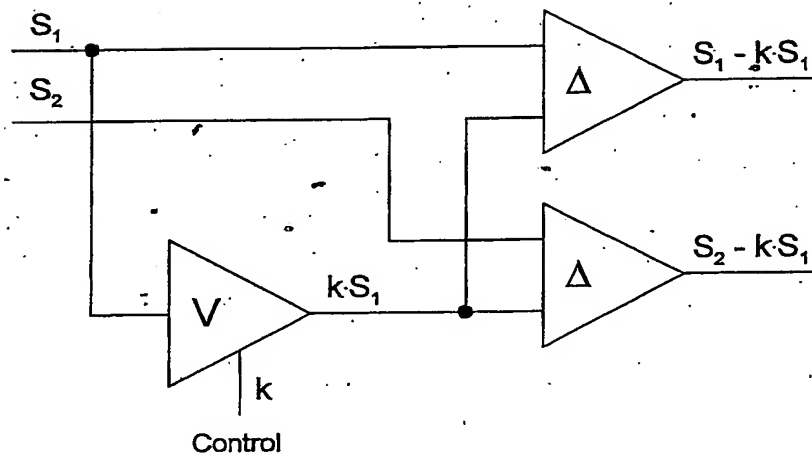
Die vorliegende Erfindung wurde anhand der vorstehenden Beschreibung so dargestellt, um das Prinzip der Erfindung und dessen praktische Anwendung bestmöglichst zu erklären, jedoch

20 lässt sich die Erfindung bei geeigneter Abwandlung selbstverständlich in mannigfaltigen anderen Ausführungsformen realisieren.

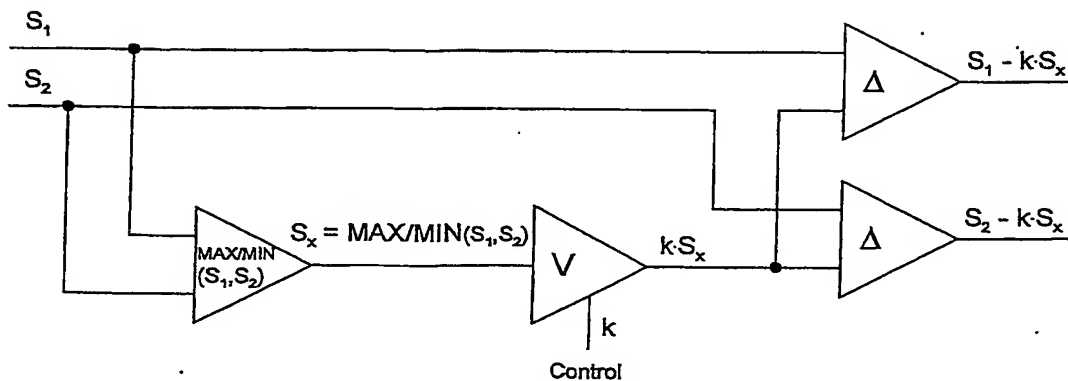




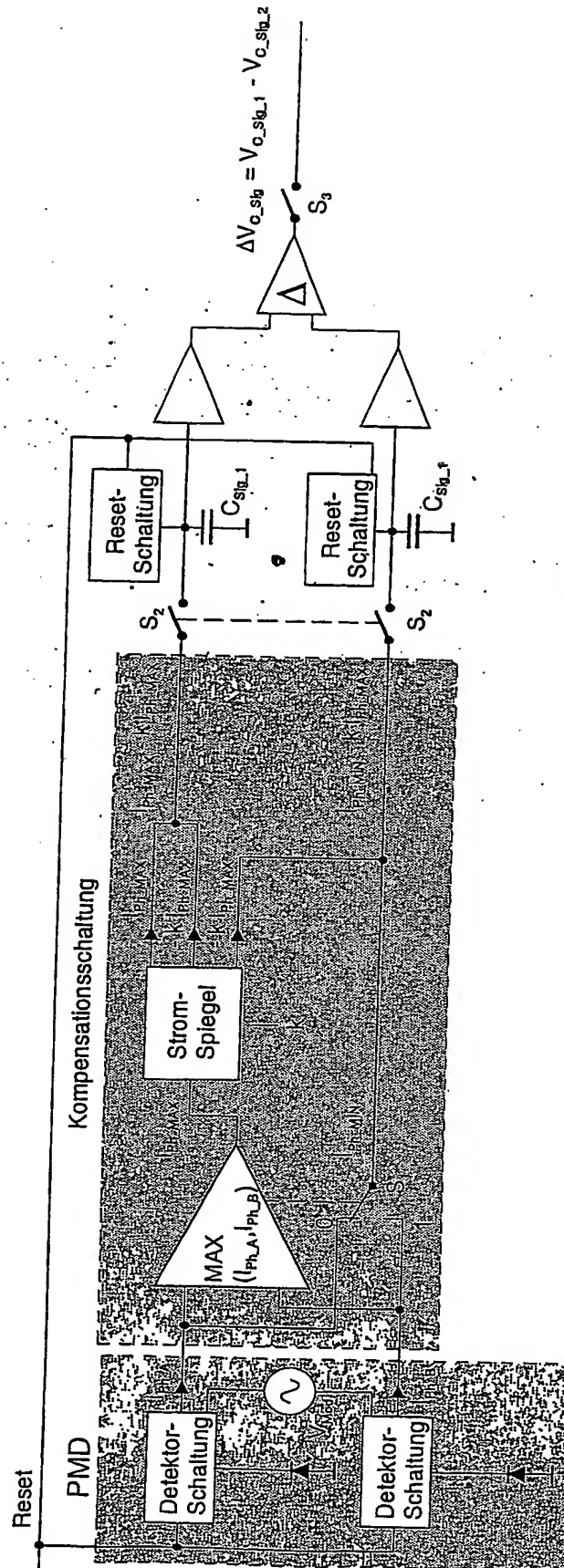
Figur 1

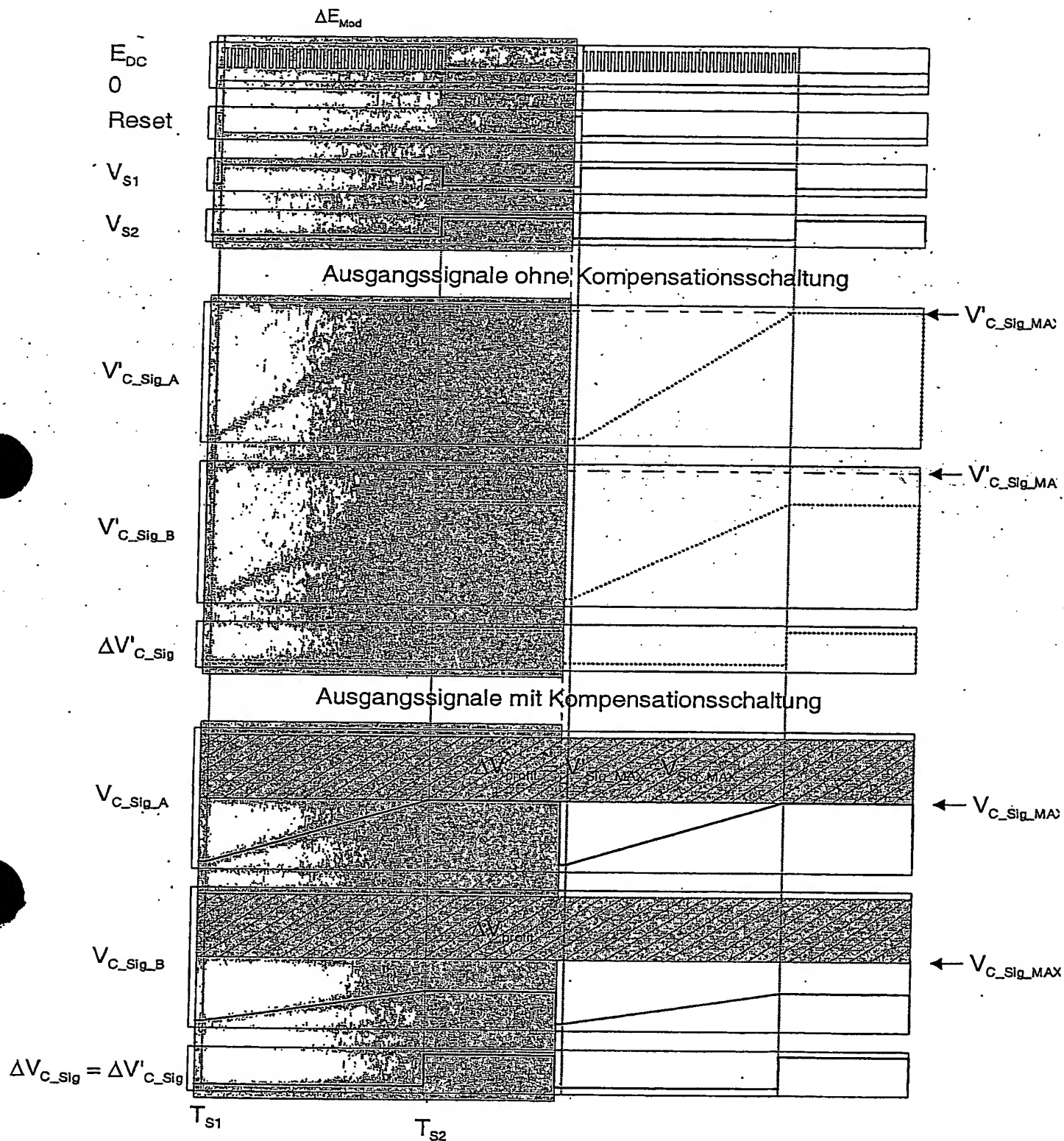


Figur 2

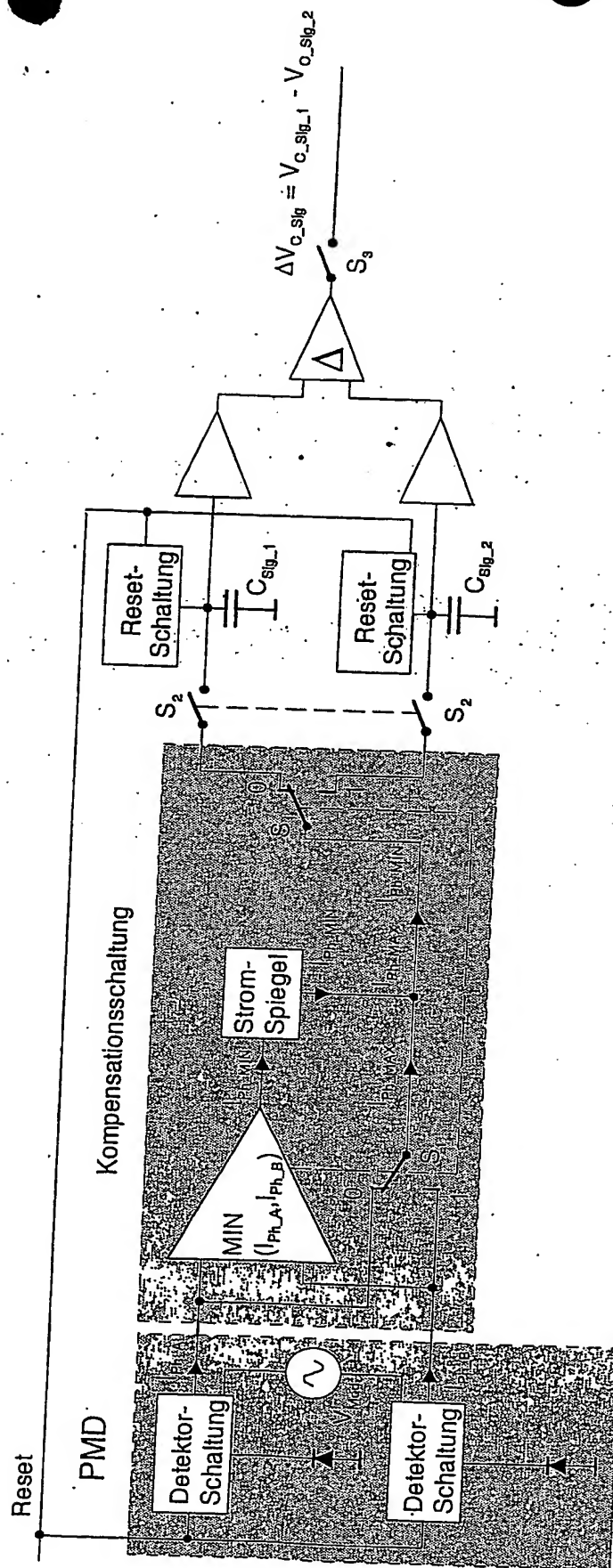


Figur 3

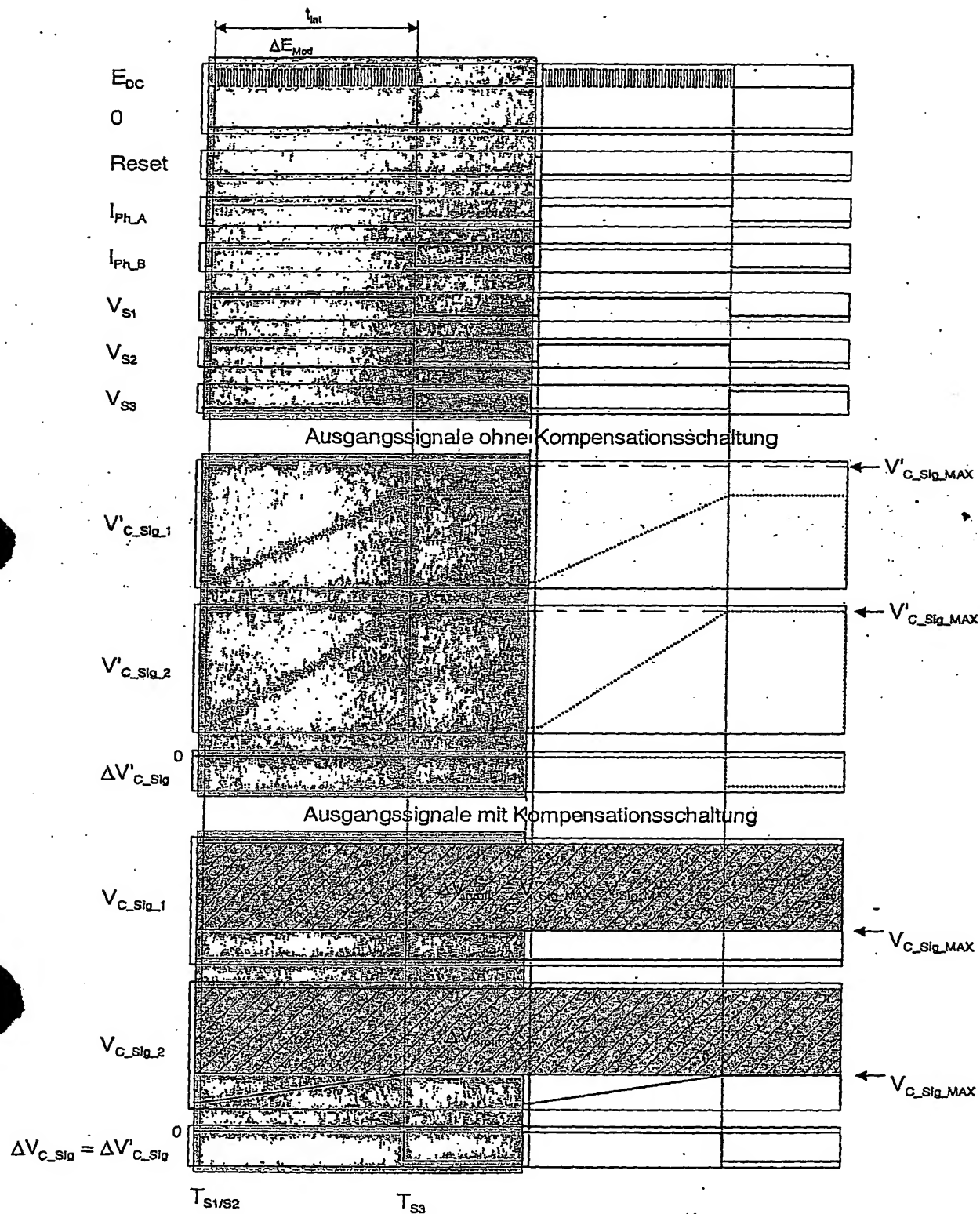




Figur 5



Figur 6



Figur 7

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**